Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 4, Oct- Nov 2018, p.645-655

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 4، مهر- آبان 1397، ص. 655-645

بهینه‌یابی فرمولاسیون پنیر سفید فراپالایش با اثر جایگزینی روغن بذر کتان با چربی شیر به کمک روش سطح پاسخ

ثمانه جودی عطار[1]- وحید حکیم‌زاده[2*]- حسن رشیدی[3]

تاریخ دریافت: 1396/02/12
تاریخ پذیرش: 1396/08/20

چکیده

پنیر به‌عنوان یک محصـول لبنی پرمصرف در دنیاست که دارای تنوع بسیار زیادی نیز می‌باشد. در بین انواع پنیر نوع فراپالایش آن در ایران مورد توجه بسیاری از مصرف‌کنندگان قرار دارد. لزوم تغییر طعم و تنوع در این محصول مدت‌هاست که مورد توجه بوده است. در این تحقیق نیز سعی شده تا با ایجاد طعم جدید جایگزینی برای چربی شیر معرفی شود. بر این اساس از دو ترکیب روغن کتان (FSO) (صفر-100 درصد) و کنسانتره پروتئین آب پنیر(WPC) (0-15درصـد) در فرمولاسـیون پنیر فراپالایش استفاده گردید. نتایج بهینه‌یابی فرمولاسیون پنیر سفید فراپالایش حاوی روغن بذر کتان وکنسـانتره پروتئینی آب پنیر به جهت داشتن pH برابر با 4/82، آب‌اندازی 1/35 درصد، چربی 20/3 درصد، ماده خشک 32/45 درصد، شاخص سفتی 631/46 نیوتن، خاصیت ارتجاعی 0/94 میلی‌متر، امتیاز رنگ 3/2، بو 3/1، طعم 2/8، بافت 3/1 و پذیرش نهایی 3/11 شامل 96/01 درصد روغن کتان و 9/73 درصد کنسانتره پروتئینی آب پنیر با درجه تمایل 0/82 بود.

واژه‌های کلیدی: پنیر فراپالایش، پروتئین آب پنیر، روغن کتان، فرمولاسیون، روش سطح پاسخ.

مقدمه

سـال‌های متمادی اسـت که مصـرف شیر و فرآورده‌های آن در جهان به سـرعت رو به گسـترش بوده و هست. این روند با توجه به افزایش جمعیت جهان و همراه با تغییر الگوی مصرف و اهمیت شیر و فرآورده‌های آن در تغذیه انسـان، تولید آن نیز افزایش داشـته اسـت (Karajian and Salari, 2011). شیر و فرآورده‌های آن منبع غنی از پروتئین، چربی، املاح و برخی از ویتامین‌های مورد نیاز بدن هستند، با افزایش روز افزون تقاضا، شیر و فرآورده‌های آن دچار کمبود و افزایش قیمت شـده‌اند. بر اساس همین موضوع مصرف سرانه این محصولات که در ایران حتی با مقدار توصـیه شـده توسـط سـازمان‌های جهانی فاصـله زیادی دارد، در صـورت افزایش مصرف سرانه، مشکل کمبود شـیر بیشـتر نمایان خواهد شـد (Habibi-Najafi *et al*, 2011). از طرف دیگر مصرف بالای چربی در رژیم غذایی سبب برخی اختلالات نظیر بیماری‌های قلبی و عروقی، چاقی، سـرطان و دیابت می‌شـود (Katsiari *et al*, 2002). بنابراین لزوم کنترل مصـرف محصـولات لبنی با چربی تنظیم‌شـده و یا جایگزین شده می‌تواند در کانون توجه محققین این صنعت قرار گیرد.

بدون تردید در حال حاضر بیشترین محصول لبنی تولیدی در دنیا با تنوع بسـیار بالا پنیر اسـت که در بیش از هزار نوع مختلف در دنیا تولید می‌گردد که البته در بین انواع آن، پنیر سفید جایگاه خاصی را در ایران داشته و تولید صنعتی ومداوم آن با استفاده از فرآیند فراپالایش روز به روز در حال گسترش می‌باشد (Qods-Rohani *et al*, 2010).

از آن‌جایی‌که پنیر به عنوان یک ماده غذایی پر مصـــرف در بین مردم جهان و ایران است، لزوم تنوع در آن و نیز مکمل‌سازی آن مورد توجه است. همان‌طور که بیان شد یکی از راه‌های غلبه بر کمبودهای محصـــولات لبنی، غنی‌ســـازی آن اســـت که می‌توان با ارائه یک فرمولاسـیون مناسب برای ذائقه مصرف‌کننده محصولی را تولید نمود که می‌تواند خواص تغذیه‌ای بالایی را تأمین کند (Qods-Rohani *et al*, 2010). بر این اسـاس غنی‌سـازی یعنی افزودن یک یا چند ماده

1 و 2- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم وصنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.
3- استادیار، گروه صنایع غذایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
(*مسئول مکاتبات: Email: v.hakimzadeh@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1396i0.64148

مغذی به یک غذای متداول مصـرفی که هدف اصـلی آن تامین مواد مغذی برای افراد یک جامعه که در معرض کمبود این مواد قرار دارند، باشد (Sheikh-ol-Eslam *et al*, 2007). از طرف دیگر همان‌طور که بیان شد پنیر با این که ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد ولی مصرف بالای آن به‌ویژه انواع پرچرب آن به دلیل داشـتن کلسـترول و چربی اشباع بالا مشـکلات مهم تغذیه‌ای را ایجاد می‌نماید. از این رو چند سـالی اسـت که مصـرف‌کنندگان تقاضای زیادی برای مصرف پنیر با چربی اصـلاح شـده دارند. بر این اسـاس چربی شیر به‌عنوان افزایش‌دهنده کلسـترول خون شـناخته شـده است (Fathi-Achachlouei *et al*, 2013a,b).

از روغن‌های گیاهی می‌توان به‌عنوان جایگزین چربی شیر در پنیر اسـتفاده نمود. دانه‌های کتان قرن‌هاسـت که به‌عنوان ماده غذایی مصـرف می‌شـود. بیشـتر پروفایل اسیدهای چرب آن را آلفالینولنیک اسـید تشکیل می‌دهد و دارای امگا3 فراوان می‌باشد که باعث کاهش بیماری‌های قلبی و عروقی، فشـارخون، افسـردگی، پوکی اسـتخوان، روماتیسم مفاصل، کاهش وزن، دیابت و بیماری های دستگاه گوارش می‌شـود. دارای 25% فیبر و 19تـا 29% پروتئین و 8% ترکیبـات موسـیلاژی و 3/67% خاکسـتر است و به‌عنوان غنی‌کننده در ایالات متحده و کشـورهای اروپایی اسـتفاده می‌گردد (Manafi Dizaj Yekan and Mazaheri Tehrani, 2013). از تحقیقات انجام شـده طی سـالیـان اخیر در زمینه افزودن ترکیبات مکمل و جایگزین‌های چربی به پنیر سـفید فراپالایش می‌توان به موارد مختلفی اشاره نمود. تولید پنیر سـفید کم چرب حاوی صمغ‌های عربی و گوار و بهینه‌یابی فرمولاسـیون آن با اسـتفاده از روش سطح پاسخ (Lashkari *et al*, 2008)، جایگزینی چربی پنیر سفید با روغن آفتابگردان (Taghvaie *et al*, 2006)، روغن‌هـای پـالم و ذرت (Habibi-Najafi *et al*, 2011)، ترکیب شیر سویا با شیر گاو (Qods-Rohani *et al*, 2010; Qods-Rohani *et al*, 2012)، روغن فندق (Fathi-Achachlouei *et al*, 2015)، روغن زیتون و کانولا (Fathi-Achachlouei *et al*, 2013a)، کنسـانتره پروتئینی آب پنیر (Jahani and Azar, 2006)، روغن زیتون و کنسـانتره پروتئینی آب‌پنیر (Alavi-Rafiei, 2014)، پودر گردو و بزرک (Fathi-Achachlouei *et al*, 2013b)، پودر پالپ و کنسانتره پروتئینی تفاله گوجه‌فرنگی (Meshkani, 2016) برخی از تحقیقاتی هسـتند که در طی سالیان اخیر روی پنیر سفید فراپالایش صورت گرفته است.

در این پژوهش سعی گردیده تا اثر جایگزینی چربی شیر با روغن بـذر کتـان در تولید پنیر فتای فراپالایش فراسـودمند و ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکوشـیمیایی و حسـی پنیر سـفید ایرانی بررسـی و فرمولاسیون بهینه آن تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

پودر کنسـتـانتره آب پنیر بـدون چربی (82% پروتئین، 5/9٪ خاکستر، 0/5٪چربی) از کارخانه پگاه خراسان، خامه 70 درصد جهت تنظیم چربی از کارخانه صبح بخیر خراسان، استارتر مزوفیل از شرکت دنیسـکو، آنزیم رنت میکروبی از شرکت کریستین هانسن، روغن بذر کتان از بازار مشهد و مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمون‌ها از شرکت مرک آلمان خریداری و مورد استفاده قرار گرفتند.

تهیه پنیر فراپالایش

جهت تهیه پنیر از پودر ناتراوه بدون چربی اسـتفاده شـد. بدین منظور ابتـدا بـه مقـدار معین از پودر بـا آب مقطر در دمای 40 درجه سـانتی‌گراد و به مدت 5 دقیقه در مخلوط کن آزمایشـگاهی مخلوط گردید. سـپس برای تنظیم چربی 20 درصـدی، از خامه با چربی 70 درصـد یا روغن بذر کتان استفاده گردید و مجددا در دمای 40 درجه سـانتی‌گراد و در مدت زمان 5 دقیقه مخلوط شـد. پس از آن مخلوط حاصل به روش اولتراتوراکس با سرعت 9000 دور در دقیقه در دمای 50 درجه سـانتی گراد با هموژنایزر مدل (Ultra-Turrax، T-Basic 10 IKA، آلمـان) هموژن گردیـد و سـپس در دمای 63-65 درجه سـانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه پاسـتوریزه شد. در نهایت تا دمای 35 درجه سانتی‌گراد سرد گردیده و استارتر به مقدار 0/03 درصد و آنزیم رنت نیز به مقدار 0/05 درصـد به مخلوط اضـافه شـد و در بسـته بندی‌های 100 گرمی پرشـد و پس از تشـکیل دلمه کاغذگذاری و نمک‌پاشـی انجام گردید و در نهایت درب‌بندی حرارتی با پوشـش آلومینیومی لایـه‌دارشـده بـا پلی‌پروپیلن انجـام گردید. در نهایت به گرمخانه با دمای 32 تا 34 درجه سـانتی‌گراد منتقل برای مدت زمان 24 ساعت نگهداری و سپس به سردخانه با دمای 5 درجه سانتی‌گراد انتقال یافت (Rashidi *et al*, 2011).

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

کلیه آزمون‌های فیزیکوشیمیایی شامل اندازه‌گیری pH، اسیدیته، چربی، ماده خشـک و میزان آب‌اندازی مطابق با روش مطرح شده در اسـتانداردهای ملی ایران به شـماره‌های 2344، 2852 و 6629 انجام گـرفـت (Iranian Nationality Standard, 2014 No: 6629, 2852, 2344).

آزمون‌های مکانیکی

بدین منظور از آنالیز پروفایل بافت‌سنجی که با دستگاه بافت‌سنج (QTS25, CNS FARNEL، انگلیس) انجام شـد، اسـتفاده گردید و سفتی و قابلیت ارتجاعی پنیر بررسی گردید. برای این منظور از پروب با قطر 36 میلی‌متر اسـتفاده شد. نمونه‌های پنیر در ابعاد 20 میلی‌متر

مکعب تهیه شدند و عمل فشار تا 50 درصد ارتفاع اولیه با سرعت فک متحرک 60 میلی‌متر در دقیقه انجام شد (Rashidi *et al*, 2015).

ارزیابی حسی

آزمون ارزیابی حسی روی نمونه‌های پنیر فرموله شده توسط 10 ارزیاب حسی آموزش دیده انجام گرفت. به این منظور از روش هدونیک پنج نقطه‌ای بهره گرفته شد. در این روش امتیاز دهی در پنج سطح خیلی بد 1، بد 2، متوسط 3، خوب 4، خیلی خوب 5 انجام گردید و در پرسشنامه‌های مربوط ثبت شد (IDF,1997).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورهای درصد غلظت روغن کتان و درصد کنسانتره پروتئینی پنیر بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافت‌سنجی و حسی هدف اصلی این پژوهش بود. در این طرح با توجه به جدول 1، درصد غلظت روغن کتان با نماد ریاضی x_1، درصد پروتئین آب پنیر با نماد x_2، به‌عنوان دو فاکتور موثر و خصوصیات فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته، چربی، ماده خشک و میزان آب‌اندازی)، پروفایل بافت‌سنجی (سفتی و قابلیت ارتجاعی) و ارزیابی حسی (طعم، بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی) متغیرهای وابسته بودند. در روش سطح پاسخ[1] برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر، جداگانه بیان می‌نماید. که در معادله 1، قابل مشاهده می‌باشد.

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j \qquad (1)$$

در معادله ذکر شده Y پاسخ پیش‌بینی شده، b_0 ضریب ثابت، b_i اثرات خطی، b_{ii} اثر مربعات و b_{ij} اثرات متقابل، x_i، x_j متغیرهای مستقل کدبندی شده هستند.

جدول 1- متغیرهای مستقل و سطوح مورد استفاده آن‌ها در طرح مرکب مرکزی

متغیرهای مستقل	فاکتورها(X)	سطوح -1	سطوح 0	سطوح +1
روغن دانه کتان	X_1	0	50	100
کنسانتره پروتئینی آب پنیر	X_2	0	7/5	15

از نرم‌افزار Design Expert 6.0.2 جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم نمودارهای مربوط به روش سطح پاسخ استفاده گردید (Myers *et al*, 2016).

نتایج و بحث

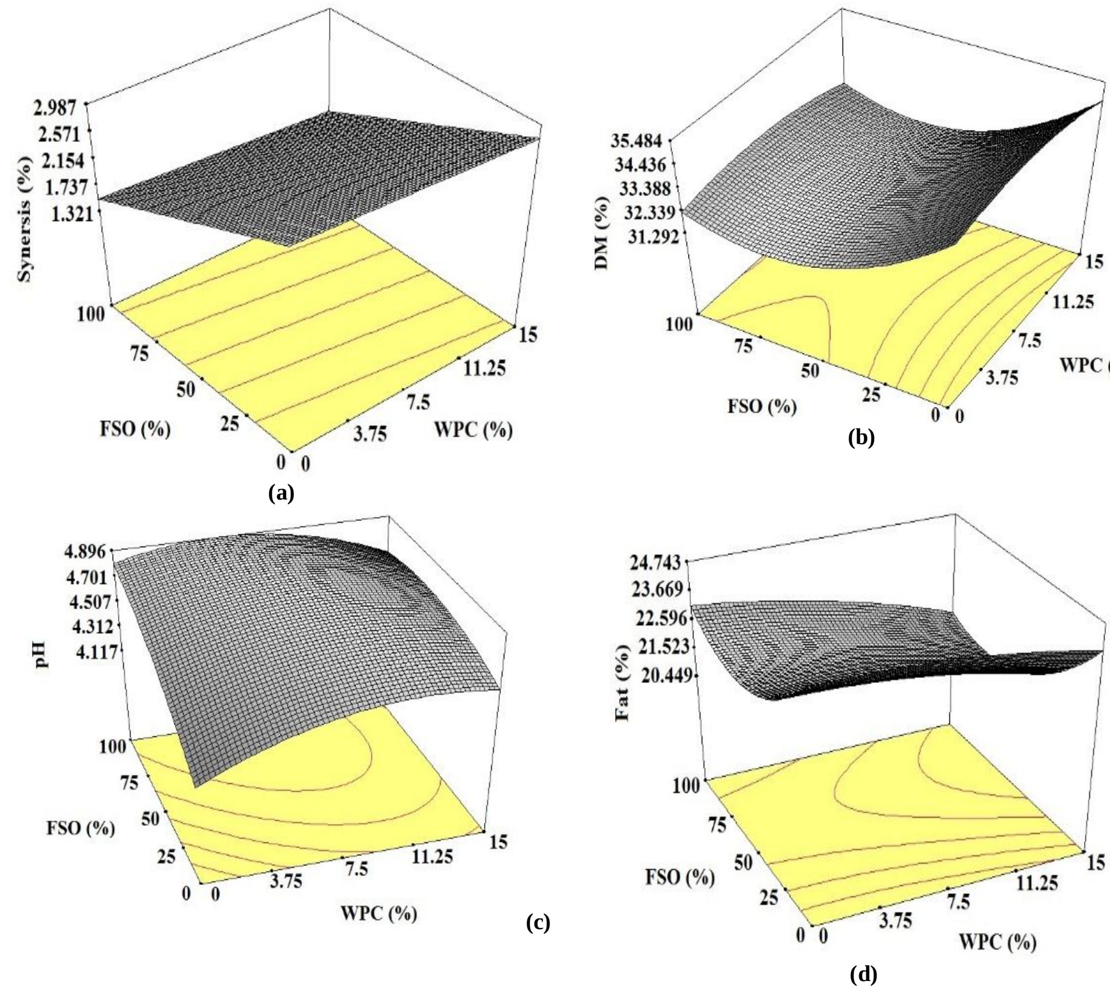
آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

به‌طور کلی نتایج آنالیز واریانس آزمون‌های فیزیکوشیمیایی در جدول 2 و روند تغییرات این خصوصیات با تغییر در فرمولاسیون پنیر در شکل 1، قابل مشاهده می باشد.

جدول 2-نتایج آنالیز واریانس(ANOVA) برای آزمون‌های تجربی و بررسی مدل‌های خطی، درجه دوم و اثر متقابل آن‌ها

منبع	درجه آزادی	سینرزیس (٪) مجموع مربعات	سینرزیس (٪) میانگین مربعات	سینرزیس (٪) ارزش P	درجه آزادی	ماده خشک (٪) مجموع مربعات	ماده خشک (٪) میانگین مربعات	ماده خشک (٪) ارزش P	درجه آزادی	pH مجموع مربعات	pH میانگین مربعات	pH ارزش P	درجه آزادی	چربی (٪) مجموع مربعات	چربی (٪) میانگین مربعات	چربی (٪) ارزش P
مدل	۲	۳/۲۹	۱/۶۴	*۰/۰۴۶	۵	۲۰/۵۳	۴/۱۱	*۰/۰۳۷	۵	۰/۵۲	۰/۱۰	*۰/۰۴۴	۵	۱۸/۷۹	۳/۷۶	*۰/۰۱۱
خطی																
b_1	۱	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۷۰۱	۱	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۶۷۳	۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۴۹۲	۱	۳/۶۸	۳/۶۸	*۰/۰۳۳
b_2	۱	۳/۲۳	۳/۲۳	*۰/۰۱۶	۱	۱۰/۹۹	۱۰/۹۹	*۰/۰۱۰	۱	۰/۲۵	۰/۲۵	*۰/۰۱۶	۱	۷/۴۸	۷/۴۸	*۰/۰۰۷
درجه دوم																
b_{11}	–	–	–	–	۱	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۳۴۶	۱	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۰۵	۱	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۴۹۲
b_{22}	–	–	–	–	۱	۹/۳۱	۹/۳۱	*۰/۰۱۵	۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۲۹۸	۱	۶/۹۳	۶/۹۳	*۰/۰۰۸
اثر متقابل																
b_{12}	–	–	–	–	۱	۰/۰۱	۰/۰۱	*۰/۹۲۰	۱	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۲۵	۱	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۳۹۹
باقیمانده	۱۰	۳/۸۵	۰/۳۸		۷	۶/۳۷	۰/۹۱		۷	۰/۱۷	۰/۰۳		۷	۳/۶۶	۰/۵۲	
عدم برازش	۶	۱/۰۵	۰/۱۷	۰/۹۳۶	۳	۰/۶۴	۰/۲۱	۰/۹۲۵	۳	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۸۵۵	۳	۱/۵۹	۰/۵۳	۰/۴۷۱
خطای خالص	۴	۲/۸۰	۰/۷۰		۴	۵/۷۳	۱/۴۳		۴	۰/۱۵	۰/۰۴		۴	۲/۰۷	۰/۵۲	
کل	۱۲	۷/۱۳			۱۲	۲۶/۹۰			۱۲	۰/۶۹			۱۲	۲۲/۴۵		
R^2			۰/۴۶				۰/۷۶				۰/۷۴				۰/۸۳	
R^2-adj			۰/۳۵				۰/۵۹				۰/۵۷				۰/۷۲	

[1] Response Surface Methodology(RSM)



شکل 1- نمودار سطح پاسخ سه بعدی برای پارامترهای آب‌اندازی (a)، ماده خشک (b)، pH (c) و چربی (d).

نتایج نشان داد که با افزایش درصد روغن کتان آب‌اندازی افزایش اما با افزایش پروتئین آب پنیر، آب‌اندازی به میزان کمی کاهش داشت (شکل 1a). مهمترین عامل آب‌اندازی پنیر، تغییرات pH و اسیدیته می‌باشد به‌طوری که هرچه pH کمتر و اسیدیته بالاتر باشد میزان آب‌اندازی بیشتر خواهد بود که احتمالاً به دلیل نوآرایی در باندهای پروتئین- پروتئین ژل کازئین به‌ویژه ژل‌های پاراکازئین می‌باشد که همزمان با کاهش pH، آب اندازی افزایش می‌یابد. از طرفی pHهای پائین‌تر سبب حل شدن بیشتر فسفات کلسیم کلوئیدی و افزایش در فعالیت کلسیم شده که منجر به افزایش آب‌اندازی می‌شود. همچنین نتایج مربوط به اندازه‌گیری ماده خشک نشان داد که در نمونه‌های مورد بررسی با افزایش درصد روغن کتان ماده خشک کاهش ولی با افزایش پودر آب پنیر ماده خشک افزایش داشت (شکل 1b). علوی رفیعی (2014) به بررسی استفاده از کنسانتره پروتئین آب پنیر و روغن زیتون در تولید پنیر سفید ایرانی پرداختند، نتایج آن‌ها نشان داد که در روزهای آغازین تولید حداکثر میزان ماده خشک مربوط به نمونه پنیر شاهد بود، در روزهای پایانی نگهداری نمونه‌های حاوی 1/5 درصد روغن زیتون و حداقل پروتئین آب پنیر دارای بیشترین و نمونه‌های حاوی حداکثر مقدار پروتئین آب پنیر و 3/5 درصد روغن زیتون، کمترین میزان ماده خشک را داشتند (Alavi-Rafiei, 2014). سینت ایو و همکاران(2009) در بررسی تاثیر مقادیر مختلف چربی، ماده خشک و نمک بر ویژگی های پنیر نشان دادند که افزایش ماده خشک سبب افزایش سفتی (آزمون مکانیکی بافت و آزمون حسی) و الاستیسیته شد. ضمن این‌که افزایش نمک سبب کاهش سفتی بافت درآزمون مکانیکی گردید(Saint-Eve *et al*, 2009). برخی از محققین دیگر بیان کردند که مقدار رطوبت نمونه‌های پنیر به‌طور معنی‌داری در طول رسیدن کاهش می‌یابد. میزان رطوبت به‌طور معکوس مرتبط

با مقدار چربی شـیر مورد استفاده برای پنیرسازی است (Romeih *et al*, 2002).

همچنین در بررسی تاثیر متغیرهای مستقل روی pH مشاهده شد که با افزایش هر دو فاکتور روغن بذر کتان و کنسانتره پروتئینی آب پنیر، pH افزایش داشت (شکل 1c). در این زمینه نتایج علوی رفیعی (2014) نشـان داد که طی 28 روز pH تمامی نمونه‌های پنیر کاهش داشت (Alavi-Rafiei, 2014). همچنین فتحی آچاچلویی و همکاران (2013a) به نتایج مشـابهی دست یافتند و بیان کردند استفاده از 50 درصـد روغن کانولا در فرمولاسـیون پنیر سفید سبب افزایش pH در نمونه‌ها نسبت به نمونه‌های شاهد شد (Fathi-Achachlouei *et al*, 2013a)،. همچنین نتایج مربوط به اندازه‌گیری چربی نشان داد که با افزایش روغن کتـان چربی پنیر در ابتـدا کـاهش و در مقـادیر بالاتر افزایش داشته است اما با افزایش پروتئین چربی کاهش داشت (شکل 1d). احتمـالاً این کـاهش چربی به دلیل تلفیق روغن‌های گیاهی با مخلوط امولسـیفایرهای طبیعی در شـیر اسـت. همچنین مقدار چربی ممکن اسـت در طول دوره رسـیدن به دلیل افزایش لیپولیز باشـد که البتـه زیـاد نیســـت. فتحی آچاچلوئی و همکاران (2013a) همچنین مشاهده کردند که در نمونه‌های حاوی 50 تا 100 درصد روغن زیتون یـا کـانولا 2 تـا 3 درصـــد میزان چربی کـاهش یـافـت (Fathi-Achachlouei *et al*, 2013a). از سـایر نتایج به‌دست آمده مشکانی (2016) بـا بررســـی تولیـد پنیر فراپالایش حاوی پودر گوجه‌فرنگی، کنسانتره پروتئین تفاله گوجه‌فرنگی و آنزیم ترانس گلوتامیناز مشاهده کرد که شـاخص pH برای نمونه شاهد و نمونه بهینه فرموله شده در طی یـک دوره 30 روزه بـه‌ترتیب 4/57-4/77 و 4/53-4/73 بود و شـــاخص ماده خشـــک نمونه‌های مذکور به‌ترتیب 34/30-35/04 و 33/23-33/53 درصـــد بود. همچنین چربی برای تمام نمونه‌ها بین 8/77 تا 8/90 درصد بود (Meshkani, 2016).

آزمون بافت‌سنجی

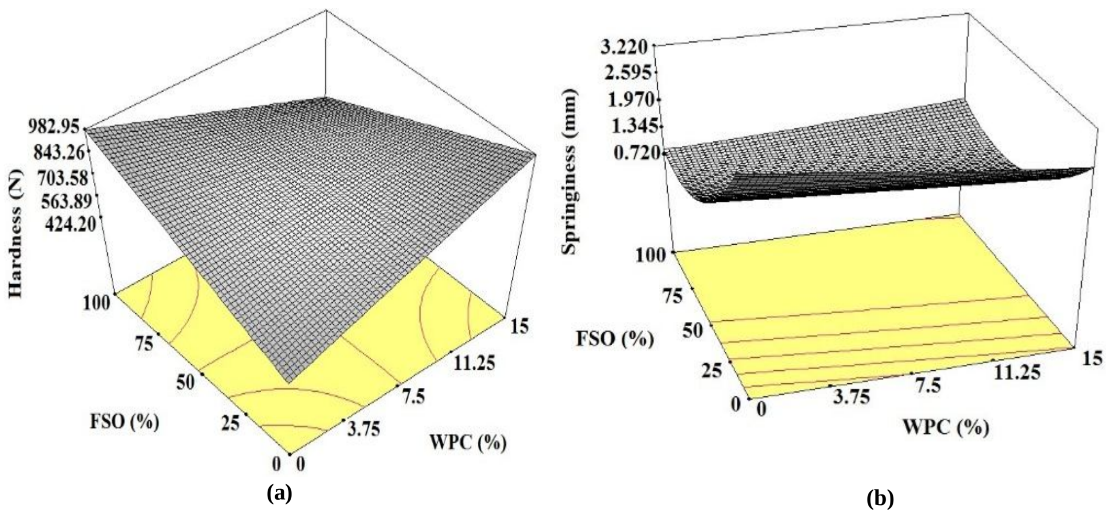
با توجه به نتایج آنالیز واریانس آزمون‌های بافت‌سنجی در جدول 3 و روند تغییرات این خصـوصـیات با تغییر در فرمولاسـیون پنیر در شـکل 2، قابل مشـاهده می‌باشد. همان طور که مشاهده می‌گردد با افزایش هر فاکتور روغن کتان و کنسـانتره پروتئینی آب پنیر شاخص سفتی را در زمانی که هر کدام از پارامترها در حداقل خود قرار داشت، افزایش داد (شکل 2a).

جدول 3-نتایج آنالیز واریانس(ANOVA) برای آزمون‌های تجربی و بررسی مدل‌های خطی، درجه دوم و اثر متقابل آن‌ها

منبع	درجه آزادی	سختی(نیوتن)			درجه آزادی	فنریت(میلی‌متر)			درجه آزادی	مزه و طعم			درجه آزادی	بو و رایحه		
		مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش P		مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش P		مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش P		مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش P
مدل	۳	۳۰۱۵۰۰	۱۰۰۵۰۰	*۰/۰۰۱	۵	۸/۰۴	۱/۶۱	*۰/۰۰۰	۵	۱۸/۵۰	۳/۷۰	*۰/۰۰۰	۵	۲۵/۲۵	۵/۰۵	*۰/۰۰۱
خطی																
b_1	۱	۱۴۶/۵۲	۱۴۶/۵۲	۰/۸۸۸	۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱۱۰	۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰۰	۱	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۴۶۸
b_2	۱	۶۶/۰۷	۶۶/۰۷	۰/۹۲۵	۱	۴/۸۴	۴/۸۴	*۰/۰۰۰	۱	۱۰/۶۷	۱۰/۶۷	*۰/۰۰۰	۱	۱۰/۶۷	۱۰/۶۷	*۰/۰۰۱
درجه دوم																
b_{11}	–	–	–	–	۱	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۶۹۰	۱	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۰۸	۱	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۳۹۰
b_{22}	–	–	–	–	۱	۲/۳۰	۲/۳۰	*۰/۰۰۰	۱	۷/۵۷	۷/۵۷	*۰/۰۰۰	۱	۱۳/۴۵	۱۳/۴۵	*۰/۰۰۰
اثر متقابل																
b_{12}	۱	۳۰۱۳۰۰	۳۰۱۳۰۰	*۰/۰۰۰	۱	۰/۳۵	۰/۳۵	*۰/۰۰۵	۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰۰	۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰۰
باقیمانده	۹	۶۲۵۸۷/۲	۶۹۵۴/۱		۷	۰/۱۵	۰/۰۲		۷	۱/۲۰	۰/۱۷		۷	۱/۹۸	۰/۲۸	
عدم برازش	۵	۴۶۵۳۴/۶	۹۳۰۶/۹	۰/۲۱۸	۳	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۰۵۴	۳	۰/۴۰	۰/۱۳	۰/۶۱۹	۳	۰/۷۸	۰/۲۶	۰/۵۲۹
خطای خالص	۴	۱۶۰۵۲/۷	۴۰۱۳/۲		۴	۰/۰۳	۰/۰۱		۴	۰/۸۰	۰/۲۰		۴	۱/۲۰	۰/۳۰	
کل	۱۲	۳۶۴۱۰۰			۱۲	۸/۱۹			۱۲	۱۹/۶۹			۱۲	۲۷/۲۳		
R^2			۰/۸۲				۰/۹۸				۰/۹۳				۰/۹۲	
R^2-adj			۰/۷۷				۰/۹۶				۰/۸۹				۰/۸۷	

همچنین نتایج مربوط به شـاخص فنریت پنیر سفید ایرانی حاوی روغن کتان و کنســانتره پروتئینی آب پنیر نشـــان داد که با افزایش روغن کتان خاصیت ارتجاعی ابتدا کاهش و در مقادیر بیشتر افزایش داشت، اما با افزایش پودر پروتئین پنیر این ویژگی کاهش یافت (شکل 2b). رشـــیدی و همکاران (2011) در بررســـی‌های خود روی پنیر فراپالایش مشــاهده کردند که تغییرات چربی اثر معنی‌داری برمیزان سفتی پنیر داشت. به‌طوری که با بیشترین مقدار چربی سفتی کمتری را کســـب نمودند (Rashidi *et al*, 2011). همچنین علوی رفیعی (2014) در بررسی‌ها طی مدت زمان 28 روز بر روی پنیر فراپالایش مشـاهده کردند که تنش گسیختگی در مورد تمامی نمونه‌ها افزایش یافت. تنش در نقطه گسـیختگی با سـفتی پنیر ارتباط مسـتقیم دارد (Alavi-Rafiei, 2014). هرچه تنش در نقطه گسـیختگی بیشـتر

باشـد، سفتی بیشتر بوده و برعکس با کم شدن آن پنیر نرم‌تر خواهد بود (Brigheti *et al*, 2008). همچنین برخی از محققین در بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی پنیر خامه‌ای با مقادیر مختلف چربی و ارزیابی نرمی آن‌ها به کمک تست نفوذ دریافتند که کاهش چربی و افزایش سـطح پروتئینی پنیر بر نرمی بافت پنیر افزود (Lo and Bastian, 1998). در ادامه بررسی نتایج سایر محققین مشکانی (2016) مشاهده کرد ســختی پنیر در روز 5ام نگهـداری با افزایش پودر گوجه‌فرنگی کاهش داشـت در صـورتی که افزایش درصد پودر کنسانتره پروتئین تفاله گوجه‌فرنگی و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز ســختی را افزایش دادند. همچنین در طول دوره نگهداری هر دو نمونه شاهد و بهینه شده دچار کاهش سـختی شـدند که در مقایسه بین نمونه شاهد و بهینه، نمونه شـاهد در تمام زمان‌های بررســی سـختی کمتری داشــت. همچنین شــاخص فنریـت بـا افزایش پودر گوجه‌فرنگی، کاهش و با افزایش پروتئین تفاله و آنزیم ترانس‌گلوتامیناز تغییرات افزایشی اندکی داشت (Meshkani, 2016).



شکل 2- نمودار سطح پاسخ سه بعدی برای پارامترهای سختی (a) و فنریت (b).

ارزیابی حسی

بـه‌طورکلی نتـایج آنالیز واریانس آزمون‌های ارزیابی حســی در جداول 3 و 4، و روند تغییرات این خصوصیات با تغییر در فرمولاسیون پنیر در شـکل 3، قابل مشـاهده می‌باشد. با توجه به شکل 3a، همان طور که مشـخص است با افزایش روغن امتیاز طعم پنیر کاهش اما با افزایش پروتئین افزایش داشت. احتمالا این کاهش امتیاز به دلیل این است که روغن کتان موجود در بازار در حال حاضر به‌طور کامل تصفیه و بوگیری نمی‌شـود و طعم آن مطلوب نیسـت لذا افزایش درصد این ترکیب منجر به کاهش امتیاز طعم گردید. در همین راسـتا بررسی بر روی شـاخص بو نیز انجام گرفت (شکل 3b) و نتایج نشان داد که با افزایش درصـــد روغن کتـان امتیـاز بوی پنیر کـاهش اما با افزایش پروتئین آب پنیر افزایش داشــت. همچنین بـا توجه به شـــکل 3c، همانطور که مشــخص اســت امتیاز رنگ در بین ارزیابان حســی با افزایش روغن کتان کاهش داشـت و تغییرات کنسانتره پروتئینی آب پنیر تغییر چنـدانی را ایجاد نکرد. لازم به ذکر اســت که روغن مورد استفاده تحت فرآیند رنگبری قرار نگرفته و رنگ زرد آن در محصول تغییر چشــمگیری را ایجـاد نمود و از آن جـایی کـه همیشـــه پنیر فراپالایش با رنگ سفید مورد استفاده قرار گرفته است بنابراین امتیاز پائینی را به خود اختصاص داد. از طرف دیگر در شکل 3d، نیز همان طور که مشـهود اسـت با افزایش روغن کتان امتیاز بافت نیز کاهش داشت و البته تغییرات کنسانتره پروتئینی تاثیری بر امتیاز رنگ نداشت. و همچنین ارزیابان حسی بیشترین امتیاز پذیرش کلی را مطابق شکل 3e، بـه پنیرهـای حـاوی مقـادیر کمتر روغن کتـان دادند. تقوایی و همکاران (2006) مشـاهده نمودند که با جایگزین کردن کامل چربی شیر با روغن آفتابگردان به دلیل طعم روغنی مخصوصی که به پنیر داد به ویژگی حسی پنیر به‌ویژه طعم آن لطمه زد (Taghvaie *et al*, 2006). همچنین قدس روحانی و همکاران (2010) مشــاهده کردند که تغییرات طعم در طی مدت نگهداری نامحسوس بود. روند تغییرات امتیاز طعم بیانگر یک افزایش تدریجی تا روز بیستم و سپس کاهش اندک تا 60 روز پس از تولید بود و این تغییرات به‌گونه‌ای بود که امتیاز طعم در آخرین روز نگهداری همچنان بالاتر از میانگین نمرات بود (Qods-Rohani, 2010). همچنین رشـیدی و همکاران (2011)

مشـاهده کردند که نمونه‌های با چربی بیشـتر امتیاز بیشـتری را در شـاخص طعم کسـب کردند. همچنین آن‌ها مشـاهده کردند که نمونه‌های کم‌چرب از طعم ضـعیفی برخوردار بوده و در نتیجه برای تولید پنیر فتای فراپالایش کم‌چرب با طعم مناسب باید راهکارهایی برای رفع این نقصـان جسـتجو و ارایه گردد. آن‌ها همچنین کاهش چربی تا محدوده‌ای خاص اثر معنی‌داری بر امتیاز بو نداشـته است و داوران قادر به تشخیص تفاوت بین نمونه‌ها نبودند (Rashidi *et al*, 2011). چربی یکی از مهمترین عوامل ایجاد آروما در پنیر اسـت و کاهش شدید چربی منجر به کاهش معنی‌دار امتیاز بو می‌شود. چربی شـیر تاثیر عمده‌ای بر طعم پنیردارد و پنیرهای با چربی کمتر دارای طعم ضعیف‌تری هستند که عمدتا به دلیل رطوبت بیشتر این پنیرها و کمتر شـدن سـهم چربی در طعم کلی پنیر اسـت (Sipahioglu, 1999). فتحی آچاچلوئی و همکاران (2013b) مشاهده کردند که پنیر تولید شـده با پودرهای گردو یا بزرک در مقایسه با پنیر شاهد دارای تفاوت معنی‌داری بودند و پنیرهای محتوی پودرهای گردو یا بزرک بیشـترین نمرات را نسـبت به پنیرهای دیگر برای مقبولیت کلی دریافت کردند (Fathi-Achachloei, 2013b). همچنین مشـکانی (2016) مطابق نتایج ما مشـاهده نمود که به‌طور کلی ایجاد تنوع در ذائقه به‌خصوص در پنیر سفید ایرانی خیلی مورد استقبال قرار نگرفت اما از آن‌جایی که هر محصول جدید پس از ارائه به بازار در ابتدا ممکن است با یک مقاومت عمومی مواجه شود، اما می‌توان با ارائه اطلاعات مبنی بر عملگر بودن آن این مقـاومـت را کاهش داد. در این تحقیق نتایج نشـان داد که در مقایسـات طول دوره نگهداری به طور کلی نمونـه‌هـای شـاهـد یـا دارای مقـادیر پـائین پروتئین تفـاله و پودر گوجه‌فرنگی و مقادیر بهینه آنزیم ترانس‌گلوتامیناز مورد اسـتقبال قرار گرفته و بیشترین امتیازها را به‌دست آوردند (Meshkani, 2016).

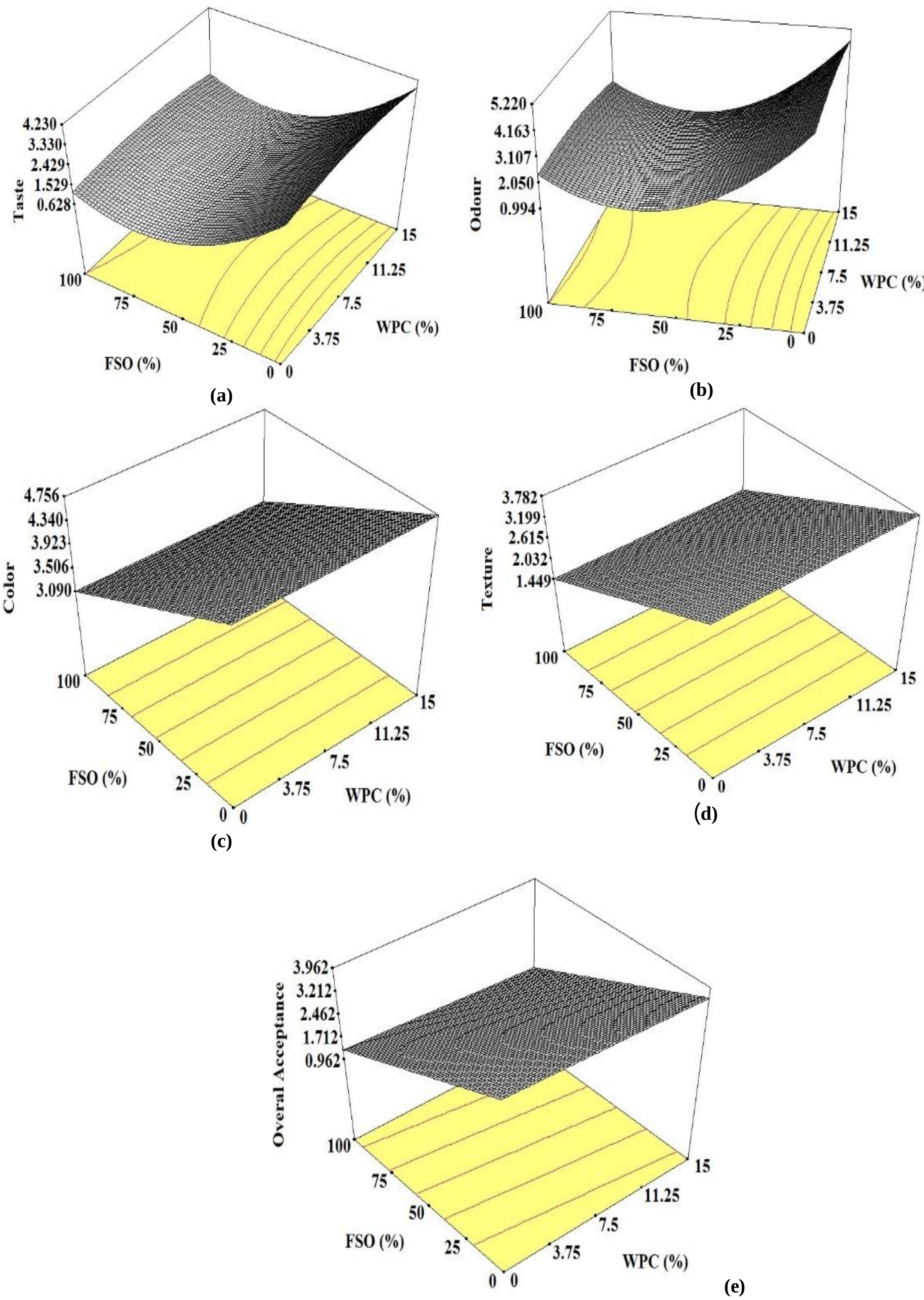
جدول 4-نتایج آنالیز واریانس(ANOVA) برای آزمون‌های تجربی و بررسی مدل خطی آن‌ها

منبع	درجه آزادی	رنگ: مجموع مربعات	رنگ: میانگین مربعات	رنگ: ارزش P	بافت: مجموع مربعات	بافت: میانگین مربعات	بافت: ارزش P	پذیرش کلی: مجموع مربعات	پذیرش کلی: میانگین مربعات	پذیرش کلی: ارزش P
مدل خطی	2	4/17	2/08	*0/010	8/17	4/08	*0/001	10/83	5/42	*0/010
b_1	1	0/00	0/00	1/000	0/00	0/00	1/000	0/17	0/17	0/621
b_2	1	4/17	4/17	*0/003	8/17	8/17	*0/002	10/67	10/67	*0/002
باقیمانده	10	2/76	0/28		4/91	0/49		6/40	0/64	
عدم برازش	6	1/56	0/26	0/585	1/71	0/29	0/875	5/60	0/93	0/079
خطای خالص	4	1/20	0/30		3/20	0/80		0/80	0/20	
کل	12	6/92			13/08			17/23		
R^2			0/60			0/62			0/62	
R^2-adj			0/52			0/54			0/55	

*معنی دار در سطح 5 درصد، ** معنی دار در سطح 1 درصد، ns معنی دار نیست

بهینه‌یابی فرمولاسیون پنیر فراپالایش

نتایج بهینه‌یابی فرمولاسـیون پنیر سفید فراپالایش حاوی روغن بـذر کتان وکنسـانتره پروتئینی آب پنیر توسـط نرم‌افزار Design Expert 6.0.2 محاسـبه گردید بر این اسـاس فرمول بهینه به جهت داشتن pH برابر با 4/82، آب‌اندازی 1/35 درصد، چربی 20/3 درصد، ماده خشـک 32/45 درصـد، شاخص سفتی 631/46 نیوتن، خاصیت ارتجـاعی 0/94 میلی‌متر، امتیـاز رنگ 3/4، بو 3/1، طعم 2/8، بافت 3/1 و پذیرش نهایی 3/11 شامل 96/01 درصد روغن کتان و 9/73 درصد کنسانتره پروتئینی آب پنیر با درجه تمایل 0/82 بود. این فرمول پیشـنهادی توسـط نرم‌افزار در شـرایط واقعی نیز در 3 تکرار مورد آزمـایش قرار گرفت و نتایج آن به‌طور میانگین شـامل pH برابر با 4/78، آب‌اندازی 1/27 درصد، چربی 19/8 درصد، ماده خشک 31/4 درصـد، شـاخص سـفتی 618/02 نیوتن، خاصـیت ارتجاعی 1/03 میلی‌متر و امتیازات حسی شامل رنگ 3/4، بو 3/15، طعم 2/97، بافت 3/64 و پذیرش نهایی 3/21 بود.



شکل 3-نمودار سطح پاسخ سه بعدی برای پارامترهای مزه(a)، بو و رایحه(b)، رنگ(c)، بافت(d) و پذیرش کلی(e).

نتیجه‌گیری

همان‌طور که بیان شد در این پژوهش اثر جایگزینی چربی شیر با روغن بـذر کتان و نیز جایگزینی درصـــدهایی از پودر ناتراوه پنیر با کنسـانتره پروتئینی آب‌پنیر در تولید پنیر فتای فراپالایش فراسودمند استفاده و ویژگی‌های محصول مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق مشـــخص گردید که با افزایش مواد افزودنی در فرمولاســـیون پنیر فراپالایش، pH، سفتی و آب‌اندازی افزایش یافت. همچنین با افزایش روغن کتان خاصیت ارتجاعی ابتدا کاهش و در مقادیر بیشتر افزایش داشــت، اما با افزایش کنســانتره پروتئینی خاصــیت ارتجاعی کاهش داشت. افزایش روغن کتان به دلیل تصفیه نبودن روغن و طعم و بوی نامطلوب باعث کاهش امتیاز طعم، بو، رنگ و پذیرش کلی پنیر نسبت به نمونه‌های شاهدگردید. همچنین افزایش کنسانتره پروتئینی باعث افزایش امتیـاز طعم و بوی پنیر شـــد امـا در بافت ظاهری و رنگ و پذیرش کلی تاثیر چندانی نداشت. بنابراین به‌طور کلی در صورتی که روغن کتان کاملا تصفیه و بوگیری شود، احتمال این که از لحاظ طعم و بو و پذیرش کلی اثر نامطلوب بر پنیر نداشـته باشـد وجود داشته و البتـه می‌توان با توجه به ارزش تغذیه‌ای این روغن و اثر مثبت آن بر بافت از آن در تهیه پنیر فتا استفاده شود

منابع

Alavi-Rafiei, S. S. 2014. The use of whey protein concentrate (WPC) and olive oil in Iranian white cheese production. *National Conference on Food Science and technologies*.

Brigheti, M., Govindasamy-Lucey, S, Lim, K., Nelson, K and Lucey, J.A. 2008. Characterization of the rheological, textural and sensory properties of samples of commercial US cheese with different fat content. *Journal of Dairy Science*. 91: 4501 – 4517.

Fathi-Achachlouei, B., Hesari, J., Azadmard-Damirchi, S., Peighambar-Dost, S., H., Esmaeili, M. 2013a. Manufacture of functional cheese using olive and canola oils. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 8(1): P.81-92.

Fathi-Achachlouei, B., Hesari, J., Azadmard-Damirchi, S., Peighambar-Dost, S., H., Esmaeili, M., Alijani, S. 2013b. Manufacture of functional low-fat cheese with walnuts and flaxseed powder instead of milk fat replacement. *Journal of Food Industry Researches* (*Agricultural Science*). 23 (3): P.305-317.

Fathi-Achachlouei, B., Hesari, J., Azadmard-Damirchi, S. 2015. Physicochemical, sensory properties and proteolysis index of produced cheese by replacement of milk fat with hazelnut oils. *Journal of processing and storage of food*. 7(1): P. 77-90.

Habibi-Najafi, M. B., Haji Mohamadi Farimani, R., Miri, M. A. 2011. The effect of of replacing milk fat with vegetable oils on the physicochemical properties of processed pizza cheese. *Journal of Food Science and Technology*. 32 (2): P. 91-99.

Iranian Nationality Standard. 2014. Milk and other products- Fresh Cheese- Characteristics and test methods. No: (2344, 2852, 6629). *Industrial Standard and Research Institute*.

IDF, 1997. Method For Sensory Evaluation Of Cheese.: International Idf Standard.

Jahani, T., Azar, M. 2006. Effect of Fat Reduction And Using Of Whey Protein Concentrate As Fat Replacer On Rheological Properties Of Mozzarella Cheese. *Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 1(2): P. 55-61.

Karajian, H., Salari, R. 2011. Compare physicochemical properties, rheological and sensory Yogurt made from fresh cow milk and powdered milk. *Journal of Food Science and Technology*. 3(2): 11-19.

Katsiari, M. C., Voutsinas, L. P., & Kondyli, E. 2002 Improvement of sensory quality of low-fat Kefalograviera-type cheese with commercial adjunct cultures. *International Dairy Journal*. 12: 757-764.

Lashkari, H., Khosrowshahi asl, Golkari, H., Ashrafi Yorganlo, R., Zohri, M. 2008. Optimizing chemical and rheological attributes of low-fat Iranian white-brined cheese by using guar gum and gum Arabic as fat replacers**.** *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology* .3 (3): P. 1-10.

Lo, C.G and Bastian, E.D. 1998. Incorporation of native and denaturated whey proteins into cheese cured for manufacture of reduced- fat Havarti – type. *Journal of Dairy Science*. 81: 16–24.

Manafi Dizaj Yekan, M., Mazaheri Tehrani, M. 2013. Production of analogue UF white cheese by replacement of milk fat with margarine. *Journal of Food Industry Researches*. 23 (4): P. 545-552.

Meshkani, S. M. 2016. The Optimization of Formulation of Ultrafiltration White Cheese Contain Tomato Waste Protein Concentrate and Tomato Pulp and Evaluation of Transglutaminase on Linking Structure in Coagulation Process by Using of Response Surface Methodology. Ph.D. thesis, Azad Islamic University of Sabzevar Branch. P, 283.

Myers, R. H., Montgomery, D. C. & Anderson-Cook, C. M. 2016. Response Surface Methodology: Process And Product Optimization Using Designed Experiments. John Wiley & Sons.

Qods-Rohani, M., Mortazavi, S. A., Mazaheri Tehrani, M. 2010. Effect of period of storage on physichochemical and sensory properties of ultrafiltrated Feta cheese made from cow's milk and soymilk blend. *Journal of Food Industry Researches*. 3 (6): P. 149-157.

Qods-Rohani, M., Mortazavi, S. A., Mazaheri Tehrani, M., Razavi, S. M. A. 2012. Effect of processing conditions on

chemical and sensory properties of ultrafiltrated Feta cheese made from cow's milk and soymilk blend. *Journal of Food Science and Technology*. 36 (9): P. 65-76.

Rashidi, H., Mazaheri Tehrani, M. Razavi, S. M. A., Qods-Rohani, M. 2011. The Effect of Fat-Reduction and $CaCl_2$ Levels on Sensory and Textural Characteristics of UF-Feta Cheese Made From Retentate Powder of Milk Ultra-Filtration. *Journal of Food Industry Researches*. 7 (3): P. 218-226.

Rashidi, H., et al., 2015. Improving Textural and Sensory Characteristics of Low-Fat UF Feta Cheese Made with Fat Replacers. *Journal of Agricultural Science and Technology*,17(1): P.121-132.

Romeih, E. A., Michaelidou, A., Biliaderis, C. G., & Zerfiridis, G. K. 2002. Low-fat white brined cheese made from bovine milk and tow commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes, *International DairyJournal*. 12: 525-540.

Saint- Eve, A., Lauverjat, C., Magnan, C., Deleris, I and Soucho, I. 2009. Reducing salt and fat content : impact of composition, texture, and cognitive interaction on the perception of flavoured model cheeses. *Food Chemistry*. 116: 167-175.

Sheikh-ol-Eslam, R., Abdolahi, Z., Pour-Aram, H., Jahedi, A., Salehi, F. 2007. Micronutrients and ways to prevent deficiency with emphasis on enrichment. Ministry of Health, Treatment and Medical Education. *The nutrition improvement office*. P.17-134.

Sipahioglu, O., Alvarez, V. B., & Solano Lopez, C. 1999. Structure, physicochemical and sensory properties of Feta cheese made with Tapioca starch and lecithin as fat mimetic. *International -Dairy Journal*. 9: 783-789.

Taghvaie, Z., Taslimi, A., Mazloumi, M. T. 2006. Study of the Low Cholesterol White Cheese Production With Sunflower Oil. *Journal of Food Science and Technology*. 3 (1): P. 1-11.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 4, Oct- Nov 2018, p.645-655

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 4، مهر- آبان 1397، ص. 645-655

Optimization of Formulation of UF White Cheese with Flaxseed Oil as Milk Fat Replacer by Using of Response Surface Methodology

S. Joodi Attar[1], V. Hakimzadeh[2*], H. Rashidi[3]

Received: 2017.05.02
Accepted: 2017.11.11

Introduction: Cheese is a dairy product that commonly used and has lots of variety in the world. Among the various types of cheese, UF cheese is attracting more consumers in Iran. The need to change the flavor and make a diversity in this product has been considered for long time. Since high fat foods such as cheese are the main cause of some disorders like cordial disease, cancer, obesity and diabetes, formulation of dairy products with modified fat or fat replacer was considered by many researchers and suppliers. Vegetable oils can be used as a substitute for milk fat in cheese. Flaxseed oil consists high level of alfa-linolenic acids (Omega-3) and suitable amount of proteins could noticed as a fat replacer. In this study, we investigated the effect of milk fat replacement with flaxseed oil on the production of functional Feta cheese. The rheological, physicochemical, and organoleptic characteristics of such cheese and its optimal formulation were also determined

Materials and methods: The effect of Flaxseed oil (FSO) at a range of 0-100 % and whey protein concentrate (WPC) (0-15%) was investigated on pH, synersis, Dry Matter, hardness, springiness as physicochemical and mechanical properties and mouth feeling, odor, taste overall acceptance as organoleptic properties of UF cheese production by RSM. For the preparation of cheese, a free fat retentate powder was used. To adjust fat to 20%, cream was used with 70% flaxseed oil and homogenized by ultraturrax method. All of the physicochemical, mechanical and organoleptic tests accomplished according to theIranian national Standards/

Results and discussions: Results showed that by increasing the amount of FSO in the formulation of cheese, pH, stiffness and synersis increased. Also, with increasing flaxseed oil, the elasticity was initially decreased and increased in greater quantities afterward. However, by increasing the WPC, the elasticity decreased. The increase of flaxseed oil had a reversible effect on the taste, smell, color and overall cheese acceptance score compared with the control samples due to the presence of some impurities in oil. Increasing the amount of WPC and FSO also caused a decrease in pH and fat during ripening of cheese. Although increasing the level of WPC improved the odor of cheese, but did not have positive effect on appearance, color and general acceptance. The result of optimization of UF cheese production with the following indices: pH 4.82%, synersis 1.35%, fat 20.3%, dry matter 32.45%, hardness 631.46 nm, elasticity 0.94 mm, color 3.4, Odor 3.1, flavor 2.8, texture 3.1 and final acceptance 3.11, showed that the best formulation needs 96.01% of flaxseed oil and 9.73% whey protein concentrate. Finally, the predicted optimal formula by software was also determined as follow: pH 4.78, synersis 1.27%, fat content 19.8%, dry matter 31.4%, the firmness index 618.02, the elasticity 1.03 mm, and the sensory scores included color 3.4 , odor 3.15, Taste 2.97, Texture 3.64 and Final acceptance 3.21.

Keywords: UF Cheese, Whey Protein Concentrate, Flaxseed Oil, Formulation, Response Surface Methodology.

1 and 2. Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.
3. Food Department, Khorasan Razavi Agriculture and Natural Resources Research and education center, AREEO, Mashhad, Iran.
(Corresponding author E-mail: v.hakimzadeh@yahoo.com)